



KEMIJA U NASTAVI

Uređuje: Nenad Raos

DOI: [10.15255/KUI.2017.018](https://doi.org/10.15255/KUI.2017.018)

KUI-39/2018

Stručni rad

Prispjelo 18. svibnja 2017.

Prihvaćeno 2. lipnja 2017.

Kako razumjeti pojam "metal"

N. Raos*

Ovo djelo je dano na korištenje pod
Creative Commons Attribution 4.0
International License

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska c. 2, 10 000 Zagreb

Sažetak

Metal je loše definiran pojam, točnije podjela na metale i nemetale nije, strogo govoreći, znanstvena (kemijska) nego tradicionalna. U radu se razmatraju opća svojstva elemenata nastojeći pronaći kriterije za određivanje njihove kako metalne tako i nemetalne naravi. "Metalni" spojevi nemetala i "metalni" spojevi nemetala te dublje razumijevanje pojma elektronegativnosti ukazuju međutim na činjenicu kako metalna narav elementa nije apsolutna, nego relativna, ovisna o elementu s kojim ulazi u kemijsku vezu.

Ključne riječi

Nastava kemije, elektronegativnost, alotropske modifikacije, povijest kemije

Uvod

Kao mnogo kemijskih termina i riječ "metal" dugujemo povijesti. Ona potječe od grčke riječi *metallon* (jama, rudnik), iz čega se izvodi glagol *metalleo* (kopati rudu).¹ Ta riječ potom prelazi u latinski jezik, pri čemu riječ *metallum* dobiva moderno značenje (kovina), no zadržava i proširuje ono staro (rudnik, ruda).² Metali bi stoga bile tvari do kojih se dolazi rudarenjem (*metallurgia, res metallica*), slika 1. No analizom rudarske prakse postaje razvidno kako metali nisu jedino što se kopa u rudnicima. Georgius Agricola (1494. – 1555.) dijeli "mineralna tijela" na dvije velike skupine, homogena tijela i (heterogene) smjese, a ove prve opet na jednostavne minerale (zemlje, skrutnute sokove (sol), kamenje i metale) te složene minerale, tj. homogene smjese ovih potonjih.³ U neživoj prirodi postoje dakle četiri vrste jednostavnih tvari (tijela) te njihove homogene i heterogene smjese.

Metali bi stoga bili samo vrsta jednostavnih minerala, osobujnih svojstava:

*Metal je mineralno tijelo, po naravi tekuće ili potvrdo (subdurus). Ovo se posljednje može taliti vrućinom vatre, no kada se ponovno ohladi i oslobodi sve topline, postaje ponovno tvrdo te poprima svoj prvotni oblik.*³

Ta dvojna definicija metala (tekuće/tvrdo) bila je Agricoli potrebna kako bi u metale uvrstio i živu, koju također razlikuje od kamenja koje – suprotno metalima – mijenja u vatri "svoj izvorni oblik i svojstva". Riječ je očito o praktičnoj,

empirijskoj definiciji. Zanimljivo je da se takva definicija metala zadržala sve do naših dana. U udžbeniku kemije iz 19. stoljeća nalazimo podjelu metala koju i dan-danas primjenjujemo, naime na lake (metali lužina, metali lužnih zemalja te metali običnih zemalja) i teške metale (plemenite i neplemenite),⁴ da bi prema toj sistematici razložio građu, iako (str. 71) autor priznaje kako podjela elemenata na metale i nemetale nije sasvim znanstvena (*Die Eintheilung in Metalloide und Metalle ist keine streng wissenschaftliche*) budući da ne postoji jasna osnova njihova razlikovanja. No ipak:

*Kovine se već na prvi pogled razlikuju svojim izgledom od drugih tvari, na pr. od sumpora, drveta, ugljena i šećera. One imaju neki osobiti sjaj, koji zovemo kovinski sjaj, dadu se kovati i rastezati i dobro vode toplinu i munjinu (elektricitet).*⁵

Vladimir Njegovan pak, iako se priklanja suvremenoj definiciji (nemetalni su elektronegativni, a metali elektropozitivni elementi), ne udaljava se sasvim od tog opisa jer "Ima metala koji su krhki i ne daju se kovati. Takovi krhki metali čine prijelaz nemetalima" (str. 221),⁶ nesvjestan da time ulazi u kontradikciju sa svojim osvrtom na neprimjerenost "naše" kemijske terminologije.** U jednom novijem udžbeniku nalazimo nabrojena specifična svojstva metala (neprozirnost, metalni sjaj, dobro vođenje topline i elektriciteta), uz opasku kako su "svojstva metala posljedica

* Dr. sc. Nenad Raos
e-pošta: raos@imi.hr

** Za Njegovana je riječ "kovina" neprikladna (Ref. 6, str. 115), jer "to je uopšte loša kovanica jer ima mnogo metala koji se ne daju kovati (bizmut, mangan, krom, berulijum, rutenijum, osmijum, iridijum i dr.). Kovnost (duktilnost) nije dakle bitna osobina metala kako je negda učio alhemista Geber (*Metallum est corpus materiale fusibile et sub malleo ex omni dimensione extensibile*)." (Ref. 6, str. 115).



Slika 1 – U *De re metallica* Agricola je obradio sve aspekte metalurgije (*res metallica*), od nalaženja rudnih žila i njihove eksploatacije do dobivanja kovina. Na slici (ref. 3, str. 40) vidimo traženje rudne žile, osim ostalog i vilinskim rašljama, kojima autor međutim odriče vrijednost. ("Stoga rudar, budući da smatramo kako mora biti čestit i ozbiljan čovjek, neće posegnuti za vilinskim rašljama jer budući razborit i vješt u uočavanju prirodnih znakova vidi kako mu spojeni štapovi ni za što ne trebaju, jer – kako sam prije rekao – postoje prirodni pokazatelji rudnih žila koje može uočiti bez pomoći grančica.")

Fig. 1 – In *De re metallica* Agricola described all aspects of the business of metals (*res metallica*), from detecting ores to mining and ore smelting. The picture (Ref. 3, p. 40) reveals the search for veins, including the use of a dowsing rod, to which he did not give much credit. ("Therefore a miner, since we think he ought to be a good and serious man, should not make use of a dowsing rod, because if he is prudent and skilled in natural signs, he would understand that a forked stick is of no use to him, for as I have said before, there are natural indications of veins which he can see for himself without the help of sticks.")

njihove strukture",⁷ no očito je da su svojstva svake tvari određena strukturom. Ono zbog čega se navedeni opis ne može smatrati definicijom proizlazi iz činjenice da sva navedena svojstva nemaju svi metali.

Metalna narav elementa: elektronegativnost

Metali se od nemetala razlikuju afinitetom prema elektronima, što se odražava u činjenici da metali grade katione, a nemetali anione. Iz toga je zapažanja proizišlo nekoliko skala elektronegativnosti,^{8,9} koje se nažalost loše interpretiraju u našim udžbenicima.¹⁰ Najstarija je i najpoznatija ona Paulingova.¹¹ Ona se temelji na razlici energije veze (energije disocijacije), D , između istovrsnih i raznovrsnih atoma:^{*}

$$|\chi_A - \chi_B| = 0,102\{D(A-B) - 0,5 [D(A-A) + D(B-B)]\}^{1/2} \quad (1)$$

Iz skupa vrijednosti $|\chi_A - \chi_B|$ potom se izračunavaju elektronegativnosti, χ_A , χ_B , χ_C ... za elemente A, B, C... Najve-

ću elektronegativnost ima fluor (3,98), a najmanju francij (0,70).¹² Kako je elektronegativnost kontinuirano svojstvo, jasno je da nema oštre granice između metala i nemetala, nego se može govoriti samo o većoj ili manjoj metalnoj naravi nekog elementa. Ugrubo bi se moglo reći kako metali imaju manju, a nemetali veću elektronegativnost od 2, premda ima dosta iznimaka (2,33 za Pb, 2,20 za At). Polumetali (metaloide) imaju pak vrijednosti od 1,90 (Si) do 2,18 (As). Iz toga proizlazi nerealističan zaključak da polumetali imaju jača metalna svojstva od plementih metala (2,54 za Au, 2,28 za Pt). Ima dakako još takvih primjera.⁸

R. S. Mulliken je predložio drugu skalu.¹³ Za njezin je temelj uzео srednju vrijednost ionizacijske energije (I) i afiniteta prema elektronu (E_{ea}) nekog elementa:

$$\chi_M = (I + E_{ea})/2. \quad (2)$$

Prednost te skale pred Paulingovom je što svaka vrijednost u njoj ovisi samo o jednom elementu, no skale su dobro korelirane ($\chi_P = 1,35 \chi_M^{1/2} - 1,37$). Na kraju treba reći kako se u literaturi pronalaze različite vrijednosti za Paulingove, a još više za Mullikenove elektronegativnosti. To nas ne treba čuditi budući da su obje skale izvedene iz izmjerenih vrijednosti (D , I , E_{ea}), pa se novim mjerenjima dobivaju i nove vrijednosti za χ_P i χ_M .

* Sve su vrijednosti energije za računanje elektronegativnosti izražene u elektronvoltima (eV).

Mogućnost definiranja elektronegativnosti na više načina ukazuje na njezinu neodređenost, no ona ipak određuje, za neki atom, "kako su vezni elektroni raspoređeni između njega i drugog atoma kada su ta dva atoma povezana kemijskom vezom".⁸ Upravo taj smisao elektronegativnosti relativizira pojam metala, jer ukazuje na to kako kemijski element može ispoljavati i metalnu (gradi ionsku vezu) i nemetalnu narav (gradi kovalentnu vezu) ovisno o elementu s kojim se spaja. Točnije, ne postoje ni ionske ni kovalentne veze, nego sve veze među atomima imaju udjele čiste ionske i čiste kovalentne veze, drugim riječima kovalentne među raznovrsnim atomima su više ili manje polarne. Veća razlika u elektronegativnosti znači veći udjel ionske veze (0,5 % za $\Delta\chi_p = 0,1$, 91 % za $\Delta\chi_p = 3,1$),¹² tj. veću polarnost. Proizvoljnost pojmova "metal" i "nemetal" još se bolje vidi iz kritičkog pregleda tipova anorganskih spojeva.

Pokušaj kemijskog razlikovanja

Kemija počiva na analogijama, pa bi stoga kemijske klasifikacije trebale proizlaziti iz sličnosti. Natrij je izraziti metal, a klor izraziti nemetal, pa treba elemente slične natriju nazivati metalima, a one slične kloru nemetalima. Natrij u elementarnom stanju stvara atomske kristale, a klor dvoatomne molekule. Natrij gradi samo jedan, pozitivni ion, Na^+ , dok klor uz Cl^- stvara još s kisikom ione ClO^- , ClO_2^- , ClO_3^- i ClO_4^- . Stoga kemijski element s navedenim svojstvima natrija ili klora treba smatrati metalom odnosno nemetalom.

No teškoća je što elementi počesto imaju obje skupine svojstava. Neki se – poput arsena, fosfora i kositra – pojavljuju u metalnoj i nemetalnoj modifikaciji (slika 2). Drugi, poput vodika, tvore pozitivne (H^+) no i negativne ione (H^-), recimo u natrijevom hidridu, NaH . Mangan uz kation, Mn^{2+} , poput natrija, gradi – poput klora – čitav niz "nemetalnih" iona, manganata(IV-VII), MnO_4^{4-} , MnO_4^{3-} , MnO_4^{2-} i MnO_4^- ("mineralni kameleon" alkemičara). Slične ione nalazimo kod kroma (CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), molibdena (MoO_4^{2-}),

volframa (WO_4^{2-}), vanadija (VO_4^{2-}), pa i najkovnije kovine – željeza (FeO_4^{2-} , FeO_4^{3-} , FeO_4^{4-}). Još nam više primjera takvih soli pruža mineralogija: BeAl_2O_4 (krizoberil), MgAl_2O_4 (spinel), CaTiO_3 (perovskit), FeTiO_3 (ilmenit), FeCr_2O_4 (kromit), $\text{Mn}(\text{Mn}_2\text{O}_4)$ (hausmanit), $\text{Fe}(\text{Ta}_2\text{O}_6)$ (fero-tantalit). Takvi se minerali pomalo neprecizno svrstavaju u okside.

Sudeći po sposobnosti stvaranja pozitivnih iona, H^+ , vodik možemo svrstati u metale, preciznije alkalijske metale s kojima uostalom dijeli istu, prvu skupinu periodnog sustava. To je dovelo do hipoteze o metalnoj alotropskoj modifikaciji vodika (metalni vodik), koja se – čini se – nalazi u jezgri velikih plinovitih planeta Jupitera i Saturna,¹⁴ čime se objašnjava njihovo magnetsko polje. Pokusi u laboratoriju vode sve bliže toj neobičnoj stvari koja bi trebala biti stabilna pri vrlo visokim tlakovima.^{15,16}

Klasičnu sliku o metalima i nemetalima – od kojih prvi grade katione, a drugi anione – ruše i koordinacijski kompleksi. Oksidi aluminija i cinka reagiraju s kiselinama gradeći katione (Al^{3+} , Zn^{2+}), no i s bazama stvarajući anione ($\text{Al}(\text{OH})_4^-$, $\text{Zn}(\text{OH})_3^-$). Metali stvaraju anione i s halogenim elementima (AlF_4^- , CoCl_4^{2-}), istoga tipa što ih stvaraju bor (BF_4^-) i silicij (SiF_6^{2-}). Ion žive(I), Hg_2^{2+} , može se pak usporediti s ionima SO^+ i CO^+ , otkrivenima u međuzvezdanom plinu.¹⁷ Također ne stoji bez iznimke da metali grade jednoatomne, a nemetali dvoatomne (ili višeatomne) plinove. Plemeniti plinovi su jednoatomni, dok plinovita živa sadržava i dimer, Hg_2 , a pare alkalijskih metala oligomere od Me_2 do Me_4 .¹⁸ Nije posve točno ni da su oksidi metala bazični, a oksidi nemetala kiseli, jer ima metalnih oksida (Al_2O_3 , SnO_2) koji se ponašaju i kao baze i kao kiseline (amfoternost), dajući soli i s kiselinama i s bazama (aluminate, stanate).

Zaključak

Iako podjela kemijskih elemenata na metale i nemetale olakšava učenje kemije, nikad ne treba smetnuti s uma da u prirodi postoje samo atomi sa svojim protonskim bro-



Slika 2 – Na temperaturi nižoj od 13 °C metalna modifikacija kositra (bijeli kositar ili β -kositar) prelazi u nemetalnu (sivi kositar ili α -kositar) mijenjajući izgled kositrenih predmeta (kositrena kuga). Ta je pojava donijela mnogo štete u vremenima kada se kositar mnogo više rabio nego danas.

Fig. 2 – Below the temperature of 13 °C metallic tin modification (white tin or β -tin) transforms into nonmetallic (grey tin or α -tin), altering the tin objects and making them useless (tin pest). This phenomenon brought about significant damage in the times when tin was in much wider use than today.

jem (koji opet određuje njihovu elektronsku konfiguraciju a preko nje kemijska svojstva), dok je klasifikacija tih atoma (elemenata) ljudsko djelo, određeno empirijskim kriterijima i praktičnim potrebama, a počesto i površnim razlikama. To vrijedi i za riječ "metal", koja izvorno znači ono što se dobiva iz rudnika (*metallum*) za dobro čovjeka.* Iako se ta riječ u početku upotrebljavala i mogla upotrebljavati samo za bakar, srebro, zlato, olovo, kositar, željezo i živu (sedam metala antičkoga svijeta), poslije se zbog kako fizikalne tako i kemijske sličnosti počela upotrebljavati i za druge tvari. Tu prije svega mislim na novootkrivene metale poput bizmuta i antimona, da bi na kraju riječ obuhvatila i nekovke, no kovinama kemijski slične tvari, prije svega one koje reagiraju s kiselinama dajući soli. Klasifikacija pak elemenata na metale, polumetale (metaloide) i nemetale preko indeksa elektronegativnosti te drugih fizičko-kemijskih parametara nije drugo nego prilagodba prastare metalurške (= rudarske) tradicije novim znanstvenim spoznajama. Jedna od takvih, prvih spoznaja je da sve što se može kovati nije kovina (metal), nego može biti i smjesa, legura dvaju ili više metala. To je Agricoli bilo posve jasno kada reče kako "svaki metal ima svoj oblik kada se odvoji od metala s kojima je smiješan" te ukazuje na to da je *electrum* (egipatski *azem* ili grčki *elektron*) zapravo slitina zlata i srebra, što drevni Egipćani nisu znali.³ Koliko pojam metala može biti proizvoljan neka nam posluži primjer astrofizike koja poznaje samo dva nemetala, vodik i helij, dok sve druge elemente svrstava u metale. Ovdje je očito kriterij razlikovanja protonski broj elementa (metali nastaju od nemetala nukleosintezom).

Stoga je, strogo gledajući, uvijek bolje govoriti ne o metalima i nemetalima nego o metalnim i nemetalnim svojstvima kemijskih elemenata. Takav pristup ima to više smisla što nijedan kemijski element ne zadovoljava sve kriterije koji se postavljaju pred metale, bilo da je riječ o fizikalnim (kovkost, tvrdoća, električna vodljivost), kemijskim (npr. reagiranje s kiselinama uz razvijanje vodika) ili fizičko-kemijskim svojstvima (elektronegativnost). Primjer za to je zlato, koje, iako se može "rastezati i dobro vodi toplinu i munjinu (elektricitet)",⁵ ima elektronegativnost veću od fosfora ($\chi_p(\text{Au}) = 2,54$, $\chi_p(\text{P}) = 2,19$),¹² a usto ne reagira s kiselinama osim sa zlatotopkom (*aqua regia*) pri čemu se uostalom ne razvija vodik. Ono je sušta suprotnost natriju koji smo na početku ovog odlomka proglasili najmetalichinijim elementom, no unatoč tome upravo su zlato alkemikari smatrali najsavršenijim metalom (*Lapis benedictus*,

Filius Solis, Lumen maius), a usto i konačnim produktom sazrijevanja svake rude (*Homo senex*).^{19,20} "Iz toga slijedi, da je razdioba elemenata na kovine i nekovine vanjska, površna, umjetna i da ne obuhvaća potpunu narav pojedinih elemenata", da zaključimo rečenicom našeg velikog popularizatora znanosti Frana Bubanovića²¹ – dok unutar-nju, suštinsku i prirodnu podjelu elemenata nudi samo periodni sustav.²² Sve bi to trebalo jasno predočiti učenicima, najbolje kroz pokušaje odgovora na pitanja:

1. Po čemu je natrij više, a po čemu manje metal od željeza?
2. Je li arsen metal ili nemetal? (Pri tome ne treba spominjati samo metalnu arsenovu modifikaciju nego i činjenicu da je prva legura za lijevanje bila arsenova bronca, slitina bakra s arsenom, koja se lijevala i u Vučedolu).^{23,24}
3. Po čemu vodik nalikuje, a po čemu se razlikuje od alkalijskih metala?
4. Napiši reakciju magnezijeva oksida i silicijeva dioksida s fluorovodičnom kiselinom. Koja je razlika tih dviju reakcija? Po čemu se vide metalna, a po čemu nemetalna svojstva silicija?
6. Silicijev hidrid, SiH_4 , reagira s vodom dajući silicijev dioksid i vodik. Napiši jednadžbu reakcije te reci ponaša li se silicij u toj reakciji kao metal ili kao nemetal.
7. Po čemu su prijelazni metali (Mn, Cr, Mo) slični metalima, a po čemu nemetalima?
8. Što su "teški metali"? Ima li smisla govoriti o trovanju teškim metalima?
9. Što znači riječ "metaloide"? Zašto je nekoć ta riječ imala drugo značenje, te su se svi kemijski elementi dijelili na metale i metaloide?
10. Gustoća tekućeg vodika iznosi samo $0,07 \text{ g cm}^{-3}$, pa ga se stoga skladišti u obliku magnezijeva hidrida, MgH_2 . Napiši reakciju magnezija s vodikom i usporedi je s reakcijom magnezija s klorom. Ponaša li se u toj reakciji vodik kao metal ili kao nemetal?

Uvođenjem tih pitanja u nastavu omogućuje ne samo upoznavanje učenika sa svojstvima anorganskih spojeva nego i dublje razumijevanje osnovnih kemijskih pojmova, pa i shvaćanje razvoja kemijske terminologije. To je usto prilika da nauči kako u kemiji nema čvrstih pravila, što je čini teškom za učenje, no s druge strane daje joj čar neočekivanosti. Sve se to može obraditi u okviru problemske nastave.

* Izdvajanje metala kao posebne vrste tvari odražava njihovu važnost za život čovjeka; kineska alkemija primjerice razlikuje pet elemenata (metal, drvo, zemlja, vatra i voda). Zrak, jedan od četiriju grčkih elementa, ne da se za ništa upotrijebiti pa mu praktični Kinezi ne pridaje nikakvu važnost.

Literatura

References

1. D. Grdenić, Povijest kemije, Novi Liber i Školska knjiga, Zagreb, 2001., str. 39.
2. M. Divković, Latinsko-hrvatski rječnik za škole, II. izdanje, Kraljevska zemaljska tiskara, Zagreb 1900. (reprint 1997.), str. 648.
3. G. Agricola, De re metallica, Basel, 1556, translated by H. C. Hoover and L. H. Hoover, Dover Publ. Inc. New York, 1950., str. 2–3.
4. E. F. von Gorup-Besanez, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, Braunschweig, 1873., str. 450.
5. Z. Pinterović, Kemija za niže razrede srednjih škola, Nakladni odjel Hrvatske državne tiskare, Zagreb, 1942., str. 5.
6. V. N. Njegovan, Osnovi hemije, Naučna knjiga, Beograd, 1965.
7. M. Biffl, Osnove kemije za studente šumarskog fakulteta, Školska knjiga, Zagreb, 1987., str. 135.
8. R. T. Sanderson, Principles of electronegativity. Part I. General Nature, J. Chem. Educ. **65** (1988) 112–118, doi: <https://doi.org/10.1021/ed065p112>.
9. R. T. Sanderson, Principles of electronegativity. Part II. Applications. J. Chem. Educ. **65** (1988) 227–231, doi: <https://doi.org/10.1021/ed065p227>.
10. P. Vrkljan, Građa atoma i periodni sustav elemenata, u: Nove Slike iz kemije (ur. N. Raos), Školska knjiga i Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb, 2004., str. 253–280.
11. L. Pauling, The nature of chemical bond. IV. The energy of single bonds and the relative electronegativity of atoms, J. Am. Chem. Soc. **54** (1932) 3570–3582, doi: <https://doi.org/10.1021/ja01348a011>.
12. T. Portada, K. Kovač, Periodac – periodni sustav elemenata, Tinta Media Lab, Zagreb, 2011., www.periodac.hr.
13. R. S. Mulliken, A new electroaffinity scale; together with data on valence states and on valence ionization potentials and electron affinities, J. Chem. Phys. **2** (1934) 782–793, doi: <https://doi.org/10.1063/1.1749394>.
14. T. Guillot, A comparison of the interiors of Jupiter and Saturn, Planet. Space Sci. **47** (1999) 1183–200, doi: [https://doi.org/10.1016/S0032-0633\(99\)00043-4](https://doi.org/10.1016/S0032-0633(99)00043-4).
15. P. Dalladay-Simpson, R. Howie, E. Gregoryanz, Evidence for a new phase of dense hydrogen above 325 gigapascals, Nature **529** (2016) 63–67. doi: <https://doi.org/10.1038/nature16164>.
16. R. P. Dias, I. F. Silvera, Observation of the Wigner-Huntington transition to metallic hydrogen, Science (2017) 1–9, doi: <https://doi.org/10.1126/science.aal1579>.
17. P. Thaddeus, The prebiotic molecules observed in the interstellar gas, Phil. Trans. R. Soc. B **361** (2006) 1681–1687, doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1897>.
18. V. V. Chaban, O. V. Prezhdo, Ab initio molecular dynamics of dimerization and clustering in alkali metal vapors, J. Chem. Phys. A **120** (2016) 4302–4306, doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jpca.6b04609>.
19. M. Eliade, Kovači i alkemičari, preveo M. Mayer, Biblioteka Zora, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 1983.
20. N. Raos, Zlatni san, Konzor, Zagreb, 1999.
21. F. Bubanović, Slike iz kemije, Matica hrvatska, Zagreb, 1917., str. 100.
22. E. R. Scerri, The Periodic Table – Its Story and Its Significance, Oxford Univ. Press, Oxford, 2007.
23. N. Raos, Metali života – metali smrti, Školska knjiga, Zagreb, 2008., str. 74–85.
24. A. Durman, Vučedolski hromi bog – zašto svi metalurški bogovi šepaju? (The lame god of Vučedol – why do all gods of metallurgy limp?), Gradski muzej Vukovar, Vukovar, 2004.

SUMMARY

How to Understand the Concept of Metal

Nenad Raos

The concept of metal is not, strictly speaking, scientific (chemical) but traditional, arising from the ancient miners' tradition and the search for the artificial production of gold, the most perfect metal of the alchemists. Closer analysis reveals, however, that there are no universal properties of metals, and that virtually every chemical element could be regarded as metal as well as nonmetal. The metallic character of an element depends on its chemical combination. This is visible from the comparison of "metallic" compounds of nonmetals and "nonmetallic" compounds of metals, as well as from the nature of the chemical bond (covalent/ionic), as deduced from the difference in electronegativity of the constituting atoms.

Keywords

Chemical education, electronegativity, allotrophic modifications, history of chemistry

Institute for Medical Research
and Occupational Health
Ksaverska c. 2, P.O.B. 291
10 001 Zagreb, Croatia

Professional paper
Received May 18, 2017
Accepted June 2, 2017